



# Efectos en la salud de la contaminación atmosférica química y acústica urbana

*El impacto sobre la salud de los ciudadanos que tiene la contaminación atmosférica va mucho más allá de las cifras de mortalidad. Enfermedades como cáncer, patologías cardiovasculares, respiratorias, endocrinas, de salud mental, neurodegenerativas, incidencia en variables adversas al nacimiento, indican que el problema de la contaminación atmosférica es un problema de Salud Pública y como tal debe abordarse. La adopción de medidas dirigidas a bajar los niveles de contaminación rápidamente tiene un beneficio inmediato en la salud de los ciudadanos y así lo muestran las experiencias exitosas llevadas a cabo de diversas ciudades.*

**Julio Díaz**

Unidad de Referencia de Cambio Climático, Salud y Medio Ambiente Urbano  
Escuela Nacional de Sanidad. Instituto de Salud Carlos III

En España cerca del 80 % de la población vive en ciudades. En estos entornos urbanos la principal fuente de contaminación atmosférica tanto química como acústica es el tráfico rodado. Se estima que los vehículos son los responsables del 55 % de las emisiones de material particulado (PM) y del 70 % de las de dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)<sup>(1)</sup>. También el tráfico se relaciona con más del 70 % del ruido que se mide en una gran ciudad<sup>(2)</sup>. Según la Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera<sup>(3)</sup>, la contaminación atmosférica se define como: “La presencia en la atmósfera de *materias, sustancias o formas de energía* que impliquen molestia grave, riesgo o daño para la seguridad o la salud de las personas, el medio ambiente y demás bienes de cualquier naturaleza”. Por tanto, la contaminación atmosférica incluye a la contaminación atmosférica química tradicional, a la contaminación polínica y también a las contaminaciones denominadas térmica, lumínica, electromagnética y, por supuesto, la acústica. Pese a tener este origen común y formar parte de la misma definición, cuando se habla de contaminación atmosférica y de sus impactos en salud

generalmente se aborda el problema de la contaminación atmosférica de tipo química y muy pocas veces se hace referencia a los problemas en salud derivados de la contaminación acústica, aunque ambas tienen efectos muy similares tanto desde un punto de vista cuantitativo como cualitativo.

## Impacto de la contaminación atmosférica química urbana

### Población general

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), actualmente el 90 % de la población del planeta vive en áreas donde se superan los índices de protección de la salud considerados “seguros” para la contaminación atmosférica<sup>(4)</sup>. Más de 9 millones de muertes anuales a nivel mundial son atribuidas a la contaminación; esto supone el 16 % de todas las muertes del planeta. De ellas, un 92 % se producen en países con rentas bajas o medias. También indica que la contaminación atmosférica química ocasiona 7 millones de muertes prematuras al año, tanto por mala calidad del aire exterior como interior. Desde el punto de vista económico, el impacto de la contaminación supera los 3,7 billones de euros al año, es decir, el 6,2 % de la riqueza del planeta<sup>(5)</sup>. En Europa, el último informe de la Agencia Europea del Medio Ambiente describió que el 94-99 % de la población de los 28 países miembros de la Unión Europea había estado expuesta a niveles de NO<sub>2</sub>, materia particulada fina (PM) y ozono (O<sub>3</sub>) superiores a los valores recomendados por la OMS durante el año 2019<sup>(6)</sup>. En este mismo informe se explica que la población que vive en grandes ciudades está expuesta a elevados niveles de concentración de contaminantes atmosféricos debido a su emisión por el tráfico, siendo los países del sur de Europa los que muestran niveles de O<sub>3</sub> más altos debido a que tienen mayor número de horas de luz solar.

La evidencia científica muestra que la contaminación del aire a los niveles actuales de las ciudades europeas es responsable de una carga significativa de muertes, hospitalizaciones y exacerbación de síntomas, especialmente en las enfermedades cardiorrespiratorias. Los esfuerzos se dirigen a analizar los mecanismos biológicos que intervienen, los resultados en esta línea indican que las vías de toxicidad son múltiples y que los efectos presentan una gradación tanto en la gravedad, como en la población susceptible afectada. Es decir, las patologías menos graves son las que afectan a un mayor número de personas y que los efectos más severos son los que afectan a un menor número de personas. La cuantificación de los impactos constituye la segunda línea de trabajo en este campo. Los efectos



relacionados con exposiciones agudas de corta duración se traducen en: incremento de la mortalidad, ingresos hospitalarios por afectación respiratoria o cardiovascular, visitas a urgencias y/o atención primaria por afectación respiratoria o cardiovascular, uso de fármacos, merma en la actividad y rendimiento, absentismo laboral y escolar, síntomas agudos (tos, mucosidad, infecciones respiratorias, rinitis) y cambios fisiológicos (función pulmonar). Por otro lado, los efectos atribuidos a la exposición prolongada incluyen desde un incremento de la mortalidad por enfermedad respiratoria o cardiovascular, aumento en la incidencia y prevalencia de enfermedades crónicas respiratorias (asma, EPOC) y enfermedad cardiovascular crónica. En la figura 1, se muestra en una pirámide la proporción de población afectada en relación a los efectos en la salud que produce en la población la contaminación atmosférica.

Respecto a los mecanismos por los que los principales contaminantes atmosféricos inciden en la salud, el material particulado (PM) se clasifica en función del tamaño de su diámetro aerodinámico en micras; la nocividad de las partículas se basa además en su composición y en su tamaño. Respecto a su composición, las partículas deriva-

**La contaminación del aire de las ciudades europeas provoca una carga significativa de muertes, hospitalizaciones y exacerbación de síntomas, especialmente cardiorespiratorios**

das de la emisión de los vehículos diésel son de las más peligrosas puesto que gran parte de su composición son metales pesados (Mn, Ni, etc.); respecto al tamaño se miden PM10 o partículas de tamaño inferior a 10 micras también denominadas “torácicas” porque penetran en el sistema respiratorio y se depositan a nivel de bronquios. También se miden partículas más pequeñas denominadas: PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>0,1</sub> o ultrafinas. Éstas dos últimas son las más nocivas porque son las que penetran más profundamente en nuestro organismo, llegando a alcanzar el torrente circulatorio y generando reacciones de oxidación e inflamación sistémica, provocando diferentes problemas de salud <sup>(7)</sup>. Generalmente el origen del material particulado en la



Figura 1. Pirámide que representa los diferentes efectos de la contaminación atmosférica química sobre la salud. Fuente: Elaboración propia

atmósfera urbana es el tráfico rodado, pero también son importantes los fenómenos de resuspensión de material depositado en el suelo o la entrada de partículas materiales de origen natural, en especial advección de polvo del Sahara <sup>(8)</sup> frecuente en nuestras latitudes y de combustión de biomasa procedente, en gran medida de incendios forestales <sup>(9)</sup>. Su relación funcional con la mortalidad es lineal y sin umbral de inocuidad. Es decir, todo incremento en la concentración de PM10 lleva asociado un aumento en la mortalidad diaria.

**Un 95,5 % de la población española respira aire contaminado según los valores recomendados por la OMS**

El dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) es el otro contaminante de tipo primario que está presente mayoritariamente en una atmósfera urbana. Es un gas que procede de la quema de combustibles fósiles a altas temperaturas, por lo que en una atmósfera urbana en gran medida proviene del tráfico rodado. El NO<sub>2</sub> provoca una respuesta inflamatoria importante por activación de las vías oxidativas y también es capaz de dañar los macrófagos alveolares, provocando un incremento en el riesgo de sufrir diferentes infecciones pulmonares <sup>(10)</sup>. Su relación con la mortalidad es lineal y sin umbral de inocuidad.

El ozono (O<sub>3</sub>) es otro tipo de gas, es un contaminante secundario que se forma a partir de compuestos orgánicos volátiles o de óxidos de nitrógeno que provienen de los vehículos. Para su formación necesita gran estabilidad atmosférica y radiación solar intensa, lo que hace que se produzca fundamentalmente en los meses de verano y en las horas centrales del día. Su fuerte carácter oxidante hace que reaccione rápidamente con otros compuestos por lo que las concentraciones máximas de ozono suelen darse en la periferia de las grandes ciudades y en los parques. Desde el punto de vista de su impacto en salud, el ozono se relaciona fundamentalmente con enfermedades respiratorias y síntomas irritativos, escozor de ojos, dolor de cabeza, sensación de falta de aire, etc. La citotoxicidad del ozono puede provocar alteraciones funcionales y morfológicas del epitelio respiratorio, así como una respuesta inflamatoria que puede provocar una exacerbación bronquial y una alteración del sistema inmune. Sin embargo, las evidencias entre la exposición al ozono y causas cardiovasculares son menos consistentes <sup>(11)</sup>. Pese a esta aparente falta de consistencia entre ozono y enfermedades cardiovasculares, investigaciones recientes apuntan a que la relación entre enfermedades cardiovasculares y exposición a ozono, a largo plazo, es importante.

En España, un 33,1 % de la población respira aire que incumple los estándares vigentes con niveles de contaminación por encima de los límites marcados por la UE y un 95,5 % de la población respira aire contaminado según los



La contaminación atmosférica se asocia con el riesgo de padecer ansiedad, insomnio y depresión



La contaminación del aire está relacionada con diversos cánceres como pulmón, mama o digestivo



Cerca de 2 400 partos prematuros cada año están relacionados con la contaminación atmosférica química en España

valores recomendados por la OMS. Estas cifras se traducen en 33.200 muertes prematuras anuales: 25.500 por  $PM_{2,5}$ , 1.800 por  $O_3$  y 5.900 por  $NO_2$ . Supone económicamente un 2,8 % del PIB<sup>(12)</sup>. Estimaciones más recientes basadas en funciones dosis-respuesta calculada para la población española más ajustadas, ofrecen valores más bajos en relación a la mortalidad anual a corto plazo: 2 600 muertes/año las relacionadas con  $PM_{10}$ <sup>(7)</sup>; 6 100 con el  $NO_2$ <sup>(10)</sup> y 500 al  $O_3$ <sup>(11)</sup>. La mortalidad anual, a corto plazo, atribuible a la contaminación atmosférica química en España estaría en torno a las 10 000 personas. Esta mortalidad representa la quinta parte de la mortalidad atribuible al tabaco y 8 veces más que la causada por accidentes de tráfico.

**Multitud de estudios que relacionan el ruido con alteraciones psíquicas como inseguridad, inquietud, falta de concentración, astenia, agresividad, irritabilidad, alteraciones del carácter y de la personalidad y trastornos mentales**

Además, la contaminación del aire está relacionada tradicionalmente con el cáncer de pulmón. En el año 2010 se produjeron 223.000 muertes por cáncer de pulmón en el mundo atribuibles a la contaminación y la IARC (Agencia Internacional Investigación en Cáncer) clasificó la contaminación atmosférica como un cancerígeno de orden 1<sup>(13)</sup>. Un trabajo de revisión con datos de diferentes cohortes poblacionales en Europa relaciona de forma moderada la contaminación atmosférica con el cáncer de mama<sup>(14)</sup> y en especial con los óxidos de nitrógeno. Otro estudio realizado en Hong Kong<sup>(15)</sup> en un grupo de 67.000 personas mayores de 65 años mostró que para incrementos de  $10 \mu g/m^3$  en la concentración de  $PM_{2,5}$  aumentaba el riesgo de cáncer por todas las causas y de cáncer del aparato digestivo. La contaminación atmosférica también se relaciona con otras patologías de carácter endocrino como la diabetes. En un trabajo que resume evidencias científicas publicadas<sup>(16)</sup> se establece que la contaminación del aire es un nuevo factor de riesgo para diversas disfunciones metabólicas y diabetes tipo 2.

Por último, a nivel conductual, la contaminación atmosférica se asocia con el riesgo de padecer ansiedad y depresión. Un estudio realizado en Barcelona entre los años 2013-2014 muestra aumento de casos de depresión y uso de medicamentos como benzodiacepinas y antidepresivos a medida que aumentan los niveles de exposición a los con-

taminantes<sup>(17)</sup>. Por otra parte, una revisión realizada sobre los estudios que relacionan contaminación atmosférica y Parkinson establece que, aunque existe un sesgo importante, la exposición a  $NO_2$ ,  $NO_x$ ,  $CO$  y  $O_3$ , puede aumentar el riesgo de padecer la enfermedad de Parkinson<sup>(18)</sup>. Otro trabajo realizado en Madrid muestra que los ingresos hospitalarios urgentes por esta enfermedad aumentan en relación a las concentraciones de  $PM_{2,5}$ .<sup>(19)</sup> También se han relacionado los niveles de contaminación con el aumento de riesgo de demencia en los ancianos.<sup>(20,21)</sup>

### Población infantil

Las patologías anteriormente descritas y la mortalidad asociada ocurren fundamentalmente en población adulta. Actualmente se está acumulando cada vez mayor evidencia científica en torno a que la exposición a los contaminantes del aire durante periodos de la vida fetal e infancia puede tener importantes efectos en la salud a largo plazo. El impacto se produce incluso a concentraciones de contaminante menores que en el caso de los adultos<sup>(22)</sup> debido a la vulnerabilidad que supone ya de por sí el aumento celular acelerado que se da en esta etapa para la formación del sistema nervioso, reproductivo y endocrino<sup>(23)</sup> entre otros; y también al hecho de que las rutas fisiológicas sean metabólicamente más inmaduras y los mecanismos de detoxificación estén igualmente menos desarrollados y sean

**Se ha detectado la existencia de asociación entre los contaminantes atmosféricos y el grado de desarrollo cognitivo en niños de países desarrollados**

menos eficaces. Los niños son especialmente vulnerables a la contaminación atmosférica. Tanto la contaminación atmosférica ambiental como la contaminación atmosférica doméstica contribuyen a las infecciones de las vías respiratorias, que causaron 543.000 muertes en menores de 5 años en 2016.<sup>(24)</sup>

La exposición de los niños a  $O_3$  y  $PM$  se asocia con una mayor probabilidad de bronquitis y otras enfermedades respiratorias en la etapa post-natal, mientras que la exposición intrauterina al dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y partículas tienen efectos negativos significativos sobre el crecimiento fetal y parámetros antropométricos al nacer<sup>(25)</sup>. Son numerosos los estudios recientes que están mostrando la incidencia de la contaminación atmosférica química sobre la población infantil. Un trabajo publicado en enero de 2019<sup>(26)</sup> muestra una relación directa entre los ingresos hospita-





El dióxido de nitrógeno que genera el tráfico rodado incrementa el riesgo de sufrir infecciones pulmonares

**La contaminación atmosférica ambiental y la doméstica contribuyen a las infecciones de las vías respiratorias, que causaron 543 000 muertes en menores de 5 años en 2016**

larios urgentes por causas respiratorias en un hospital de Madrid y la contaminación atmosférica en el periodo 2012-2016 estableciendo una asociación lineal y sin umbral entre las concentraciones de NO<sub>2</sub> y los ingresos hospitalarios. Según este estudio si se hubieran cumplido los estándares de la OMS fijados en valores medios anuales de 40 µg/m<sup>3</sup> se habrían evitado el 8,4 % de los ingresos por todas las causas y el 6,7 % de los ingresos por causas respiratorias. Pero no sólo existen impactos

en problemas respiratorios infantiles. Otras investigaciones han relacionado el riesgo de sobrepeso, medido a través del índice de masa corporal con la contaminación del aire, tanto en la vivienda como en niveles de exposición escolar <sup>(27)</sup>, se observó que los niños expuestos a niveles medio-altos de contaminación por PM<sub>2,5</sub> NO<sub>2</sub> y carbono elemental, eran más propensos a tener sobrepeso u obesidad que aquellos que estaban expuestos a niveles bajos. No sólo son problemas físicos los relacionados con la contaminación atmosférica en niños, también se ha detectado la existencia de asociación entre los contaminantes atmosféricos y el grado de desarrollo cognitivo en los países desarrollados <sup>(28,29)</sup>.

**Bebés y desarrollo fetal**

La etapa de desarrollo intrauterino no está exenta de riesgos para el feto, teniendo constancia de que la placenta no protege de la exposición a los contaminantes ambientales presentes en la sangre materna <sup>(30)</sup>. Este contacto intrauterino puede conllevar resultados adversos tanto a corto plazo, como muerte fetal intrauterina y malformaciones congénitas <sup>(31)</sup>, como a largo plazo, con morbi-mortalidades que se denominan variables adversas al nacimiento, siendo las más destacadas el bajo peso al nacer <sup>(32)</sup> y la prematuridad <sup>(33)</sup> al nacimiento. Estas variables denominadas “adversas al nacimiento” recogen fundamentalmente: bajo peso al nacer (bebés nacidos < 2 500 g); partos prematuros (bebés nacidos antes de las 37 semanas de gestación) y mortalidad fetal (bebés nacidos muertos o que mueren antes de 24h).

En torno al mecanismo fisiopatológico subyacente todavía no se tiene un conocimiento robusto al respecto, pero todo apunta a que las partículas PM<sub>2,5</sub> y las ultrafinas (PM<sub>0,1</sub>) son los contaminantes atmosféricos que contribuyen en mayor medida, principalmente por dos características:

- Por su pequeño tamaño este tipo de partículas pueden llegar hasta el torrente circulatorio.
- Por su composición química, característica derivada en buena parte de la acción antropogénica ya que hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y metales pesados están entre los componentes que estas partículas pueden transportar.

Respecto a las investigaciones recientes llevadas a cabo en nuestro país, que han analizado cómo los diferentes contaminantes atmosféricos influyen en este tipo de variables, existe dentro de los denominados estudios de cohortes el proyecto INMA (Infancia y Medio Ambiente), formado por una red de investigación de grupos españoles, cuyo objetivo es estudiar el papel de los contaminantes ambientales más

importantes en el aire, agua y dieta durante el embarazo y sus efectos en el desarrollo infantil. Entre los resultados más relevantes encontrados para los efectos negativos de la contaminación atmosférica, se encuentran dos trabajos, en los que se pone de relevancia la influencia del NO<sub>2</sub> en bebés que nacen con casi un centímetro menos de talla y 22 gramos menos de peso; con un menor desarrollo neurológico que puede ser constatado a partir de los 18 meses de vida; y que en los primeros años sufren un cinco por ciento más de infecciones respiratorias<sup>(34)</sup>. En otro trabajo del proyecto en el que mediante modelos geoestadísticos se estimó la exposición residencial a dos contaminantes ambientales, dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y benceno (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), desde el embarazo hasta los 4,5 años de edad, se realizó una prueba de función respiratoria. En esta prueba, los niños que habían estado expuestos a mayores concentraciones de benceno y dióxido de nitrógeno durante el embarazo obtuvieron peores resultados, especialmente si la exposición se había producido durante el segundo trimestre de embarazo. En concreto, los niños y niñas más expuestos presentaban mayor obstrucción de las vías respiratorias en las pruebas de espirometría, y un mayor riesgo de baja función pulmonar. <sup>(35)</sup>



Efectos de la tormenta de polvo del Sahara en Madrid en 2022 © E. Fernández

Por otra parte, en resultados obtenidos en análisis de tipo ecológico longitudinal con series temporales en la ciudad de Madrid, se ha observado un incremento del riesgo tanto del número total de nacidos a término como de los partos prematuros asociado a las concentraciones de PM<sub>2,5</sub> <sup>(35)</sup>. El impacto cuantitativo de este efecto sería el de un riesgo atribuible del 2,2 % para el caso de las PM<sub>2,5</sub>. Es decir, que una disminución en las concentraciones de estos contaminantes en 10 µg/m<sup>3</sup> reducirían el número de partos prematuros en un 2,2 %.

Además de estos efectos a corto plazo, también se ha determinado cómo influyen los contaminantes atmosféricos urbanos durante todo el periodo de gestación, determinando cuál son las ventanas gestacionales en las que es mayor el impacto de las sustancias contaminantes sobre el feto. Este estudio se ha realizado tanto para Madrid <sup>(36,37)</sup> cómo para todas las provincias españolas <sup>(38)</sup> en el que se analiza el impacto de PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> obteniéndose un comportamiento muy similar en el impacto de las PM<sub>10</sub> y del NO<sub>2</sub>. El impacto a nivel global sería que cada año se producen cerca de 700 casos de bajo peso en relación a PM<sub>10</sub> y unos 1 000 en relación a NO<sub>2</sub>, es decir, el 13 % de los nacimientos con bajo peso estarían relacionados con la contaminación atmosférica urbana. En cuanto a los partos prematuros <sup>(39)</sup>, los resultados obtenidos indican que cerca de 2 400 partos prematuros cada año estarían relacionados con la contaminación atmosférica química en España, esto representa el 17 % del total de los partos prematuros y el 1,3 del total de todos los partos que ocurren en nuestro país.

Por otra parte, ya existen líneas de investigación orientadas no sólo a variables de tipo antropométrico/físico como las señaladas, sino que se están realizando investigaciones sobre como la exposición a NO<sub>2</sub> y partículas PM<sub>10</sub>-PM<sub>2,5</sub>, principalmente en la etapa prenatal se asocian con alteraciones en la cognición de los niños, ya que las estructuras básicas del cerebro que controlan las funciones vitales del cuerpo se desarrollan durante el embarazo y gran parte del desarrollo de la corteza cerebral que está involucrada en el pensamiento y la acción se produce durante los dos primeros años de vida <sup>(40)</sup>. El deterioro de la maduración del cerebro está relacionado con algunos de los problemas de salud infantil que hoy en día son más comunes, tales como trastornos de conducta y trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH), que constituyen una carga importante para la sociedad. <sup>(41)</sup>

Por último, señalar que un estudio realizado en 783 niños y niñas de una población holandesa <sup>(42)</sup> estableció, en base



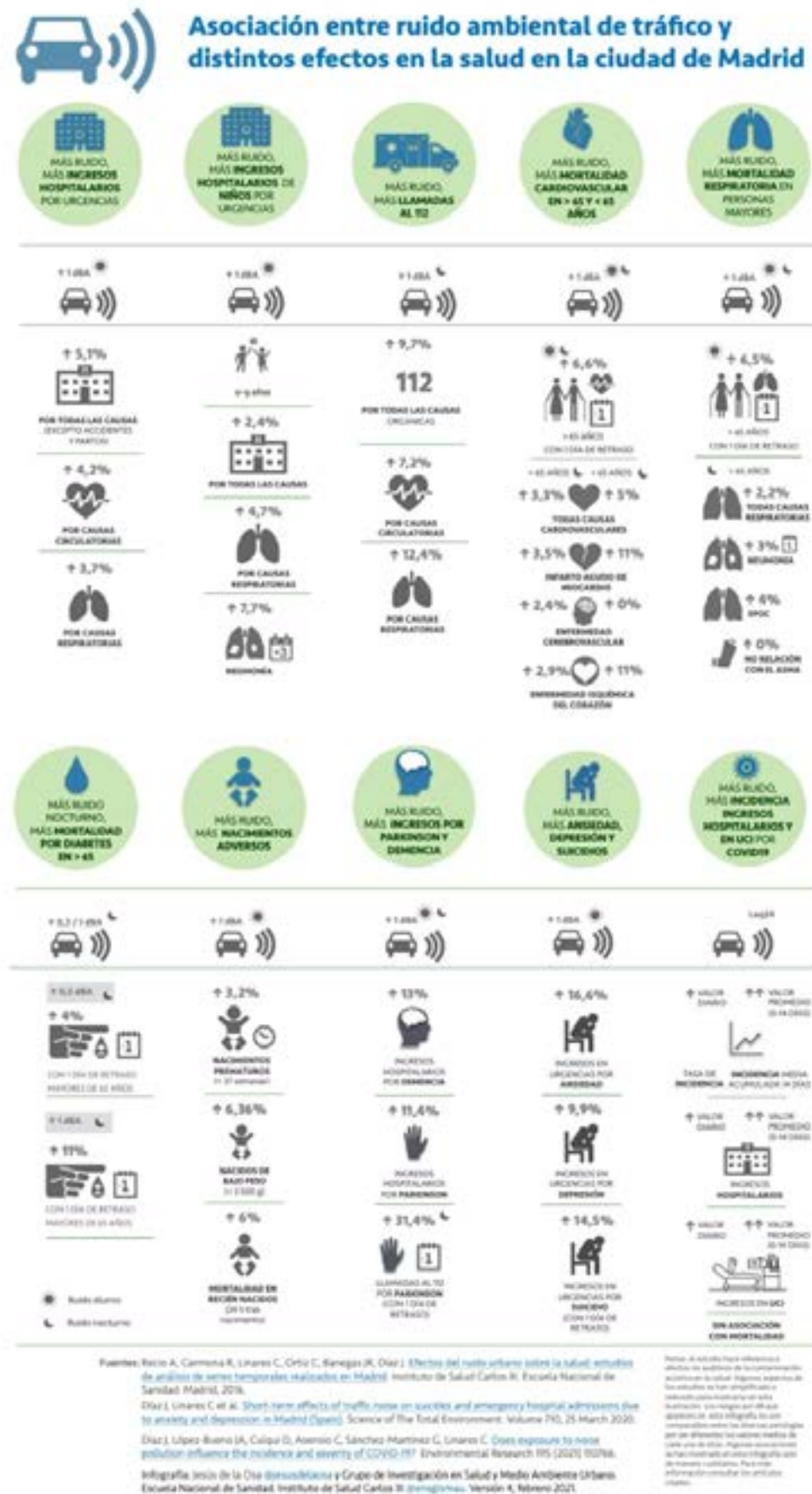


Figura 2. Efectos no auditivos del ruido a corto plazo en base a estudios realizados en Madrid. Fuente: Jesús de la Osa

a resonancia magnética en niños de 6 a 10 años, que la exposición a partículas finas durante la etapa fetal, está asociada al deficiente desarrollo de la corteza cerebral, la capa más externa del cerebro, que sería más delgada en algunas regiones de ambos hemisferios. La relación entre exposición a partículas finas del aire, las alteraciones estructurales del cerebro y las dificultades en el control inhibitorio, lo que se puede traducir en comportamientos adictivos o el desarrollo del trastorno por TDAH, se observó a pesar de que los niveles de contaminación no excedían los límites fijados en la UE.

## Contaminación acústica urbana, impactos en la salud

El último informe de la Agencia Europea del Medio Ambiente detalla que casi uno de cada tres europeos está expuesto a niveles sonoros perjudiciales provenientes del tráfico, y que uno de cada cinco europeos está expuesto a niveles de ruido nocturno que podrían perjudicar seriamente la salud <sup>(6)</sup>. Según la OMS <sup>(43)</sup>, al menos 100 millones de personas en la Unión Europea están afectas por el ruido de tráfico y se han perdido 1,6 millones de años de vida saludable atribuibles al ruido de tráfico. De forma más concreta, en los países del oeste de Europa se han perdido 61 000 años de vida saludable en relación a enfermedad isquémica del corazón; 45 000 por problemas cognitivos en niños; 900 000 por trastornos del sueño; 22 000 años por acufenos y cerca de 650 000 por molestias <sup>(44)</sup>.

## Problema de salud laboral a pública

El estudio de los efectos de la contaminación acústica sobre la salud comenzó a analizarse en el ambiente laboral, algunos trabajadores estaban expuestos a altos niveles de ruido y se detectaban problemas auditivos como el desplazamiento del umbral de audición, acúfenos y pérdida de audición. De hecho, la legislación reconoce la sordera como enfermedad profesional producida por el ruido. Además de estos problemas auditivos relacionados con el ambiente laboral había otros menos objetivables como las denominadas “molestias”: perturbaciones del sueño, estrés, dolor de cabeza, etc. más tarde, también en el ámbito laboral, se comenzaron a detectar trastornos de tipo cardiovascular y otras patologías relacionadas con respuestas hormonales. Lejos de ser patologías banales, los problemas relacionados con el ruido en ambiente laboral, incluyen variaciones en la presión arterial, se han relacionado con la hipertensión e incluso se han establecido asociaciones entre los niveles de ruido en ambiente laboral y un aumento del riesgo de sufrir patologías más graves como ictus, infartos y, por tanto, con un

aumento de riesgo de la mortalidad por estas causas. En el ambiente laboral, el tipo de exposición a este contaminante atmosférico de tipo físico, generalmente estaba relacionado con altas intensidades sonoras y se regulaba con la exposición del trabajador a cortos periodos de tiempo. Por tanto, el problema se circunscribía a un grupo reducido de personas.

**En Europa se pierden cada año  
61.000 años de vida saludable por  
discapacidad solo a causa de la  
cardiopatía isquémica atribuible a  
ruido ambiental**

Posteriores estudios mostraron que no sólo la exposición a altas intensidades de ruido durante cortos periodos de tiempo producía efectos en salud, sino que largas exposiciones a intensidades sonoras más bajas tenían efectos similares. De este modo, se empezó a relacionar patologías similares a las anteriormente descritas, en personas que, si bien, no estaban expuestas a elevados niveles sonoros, si lo estaban durante un periodo de tiempo mayor. Se iniciaron los estudios en entornos exteriores especialmente ruidosos como son las proximidades de los aeropuertos, donde se detectaron patologías en los residentes en estas zonas similares a las descritas para el ambiente laboral. Más tarde, estas investigaciones se extendieron a la totalidad de los habitantes de la ciudad. El problema se transformó de un problema laboral a un problema ambiental y, por tanto, de ser un grupo reducido el de personas expuestas a ser un problema de salud pública que implica a millones de personas.<sup>(45)</sup>

## Efectos no auditivos del ruido sobre la salud

Según el informe ‘Ruido y Salud’<sup>(46)</sup>, estudios realizados sobre ruido ambiental muestran una asociación entre la exposición al ruido y la enfermedad cardiovascular. Según expertos de la OMS, hay evidencia suficiente de la asociación entre ruido de tráfico y las enfermedades isquémicas cardíacas (aquellas en que hay daño celular por falta de riego sanguíneo y aporte de oxígeno a los tejidos, como la angina de pecho y el infarto agudo de miocardio), y evidencia limitada/suficiente de asociación entre el ruido comunitario y la hipertensión, que en sí misma ya es un importantísimo factor de riesgo cardiovascular. Las investigaciones parecen mostrar que el incremento de riesgo para una



enfermedad cardiovascular inducida por el ruido es, en general, de magnitud moderada, pero, sin embargo, es de gran importancia desde el punto de vista de la salud pública, por el gran número de personas a riesgo (los expuestos al ruido son muchos) y porque el ruido al que estamos expuestos continúa aumentando y, en ocasiones, es muy difícil de evitar.

En este sentido, el estudio ‘Burden of Disease from Environmental Noise’ (Carga de Enfermedad por Ruido Ambiental) <sup>(47)</sup> ha estimado que en Europa se pierden cada año 61 000 años de vida saludable por discapacidad solo a causa de la cardiopatía isquémica atribuible a ruido ambiental. Un aspecto interesante es que estos efectos cardiovasculares del ruido son independientes de las molestias y perturbaciones en el sueño que el ruido también ocasiona. Quiere decir que el ruido que no interfiere con el sueño, también puede provocar respuestas autónomas como las descargas. Existen multitud de estudios que relacionan

el ruido con alteraciones psíquicas tales como inseguridad, inquietud, falta de concentración, astenia, agresividad, irritabilidad, alteraciones del carácter, alteraciones de la personalidad y trastornos mentales. Mediante estudios epidemiológicos, se conoce que el ruido está relacionado con los internamientos en psiquiátricos, con aumento de suicidios, etc. Otros trabajos de similares características muestran la influencia del ruido sobre el comportamiento solidario, de modo que ha quedado demostrado que el nivel de ayuda entre vecinos disminuye según aumenta el nivel de ruido ambiental.

**Mecanismos biológicos implicados en los efectos no auditivos de ruido**

La activación del sistema reticular por el ruido produce el vertido de sustancias en sangre como mecanismo de respuesta a una situación de estrés, principalmente, adrenalina, norepinefrina y cortisol para personas sometidas a ruido de tráfico, que podría explicar la relación entre ruido y diversas patologías cardiovasculares. El grado de aceptación del ruido ambiental viene determinado por aspectos psicosociales y demográficos como el tiempo de residencia, la sensibilidad, la actitud y la personalidad <sup>(48)</sup>. Esta respuesta es canalizada por el sistema límbico al hipotálamo, en un proceso endocrino que culmina en la corteza adrenal con la liberación de cortisol. En todos los estudios se constata una generalizada inadaptación al ruido nocturno a largo plazo por parte de los individuos, lo que puede llevar a una cronificación en la sobreproducción de cortisol <sup>(49)</sup>. La hipercortisolemia está asociada con el desarrollo o agravamiento de la aterosclerosis. En efecto, el cortisol activa el metabolismo del tejido adiposo con el fin de incrementar el aporte energético en el organismo en respuesta al estrés. La lipólisis de los triglicéridos aumenta la cantidad de ácidos grasos en las arterias, favoreciendo la acumulación irreversible de placas que aumentan el riesgo de accidente cardiovascular por isquemia o trombosis <sup>(50)</sup>. Por otro lado, niveles altos de cortisol se relacionan con un debilitamiento del sistema inmunológico lo que haría prosperar algunas patologías de carácter infeccioso relacionadas con el aparato respiratorio.

**Impacto a corto plazo del ruido en Madrid**

*A continuación, se detallan los resultados de algunos trabajos de análisis de series temporales realizados para la ciudad de Madrid en diferentes periodos de tiempo. En la figura 2 se muestra una infografía que resume estos efectos del ruido a corto plazo.*



Casi uno de cada tres europeos está expuesto a niveles sonoros perjudiciales provenientes del tráfico



**Ingresos hospitalarios de carácter urgente:** Los resultados indican que, independientemente de la contaminación atmosférica química, incrementos de 1 dB(A) en los niveles de ruido diurno se relacionan con un incremento del riesgo del 5,1 % para los ingresos por todas las causas. Para el caso de las causas circulatorias es del 4,2 % y para la respiratorias del 3,7 %. <sup>(51)</sup> También se ha relacionado el ruido de tráfico en la ciudad de Madrid con incrementos de los ingresos hospitalarios por demencia <sup>(52)</sup>, Parkinson <sup>(53)</sup> y esclerosis múltiple. <sup>(54)</sup>

**En la ciudad de Madrid se podrían evitar 312 muertes anuales en mayores de 65 años si se redujesen los niveles de ruido diario en 0,5 decibelios**

**Mortalidad:** El aumento de 1 dB(A) en los niveles del ruido de tráfico se relaciona con un efecto sobre la mortalidad por causas cardiovasculares de hasta un 6,6 % en el grupo de mayores de 65 años, siendo mayor el efecto para el ruido diurno, del 3,5 % para “otras enfermedades isquémicas”; un 5 % para el caso de accidente cerebrovascular y llega hasta un 7 % para el caso del infarto de miocardio <sup>(55)</sup>. En cuanto a las causas respiratorias el incremento del riesgo de morir por una causa respiratoria en Madrid como consecuencia del incremento del ruido diurno es de cerca del 4 % en los mayores de 65 años para incrementos de un 1 dB(A) y asciende hasta un 8 % para el caso de la neumonía y del 6 % para el caso de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) <sup>(56)</sup>. También se ha encontrado asociación entre el ruido de tráfico y la mortalidad por diabetes con

incrementos del 4 % por cada 0,5 dB(A) en los niveles de ruido nocturno. <sup>(57)</sup>

En la ciudad de Madrid, se podrían evitar 312 muertes anuales en mayores de 65 años si se redujesen los niveles de ruido diario en 0,5 dB(A). De estas muertes anuales, 145 se atribuirían a causas cardiovasculares y 97 a respiratorias. Este impacto es independiente y similar al de la contaminación atmosférica de tipo químico que se ha considerado de forma tradicional relacionado con el tráfico <sup>(58)</sup>.

**Variables adversas al nacimiento:** El ruido de tráfico también presenta un efecto a corto plazo sobre las variables adversas al nacimiento. Se relaciona con bajo peso al nacer en el sentido de que por cada dB(A) de ruido diurno aumentan los partos prematuros un 3,2 %, los nacidos con bajo peso en un 6,4 % <sup>(36)</sup> y la mortalidad fetal en un 6 %. <sup>(59)</sup>

Recientemente se ha realizado un estudio en la Comunidad de Madrid en el que se ha relacionado el impacto que la contaminación atmosférica química y acústica tienen sobre los ingresos hospitalarios de carácter urgente a nivel diario y cuál es su cuantificación económica <sup>(60)</sup>. Según este estudio desarrollado durante el periodo de tiempo 2013-2018, las concentraciones de NO2 se relacionarían con cerca de 8.200 ingresos anuales por todas las causas, cerca del 2,5 % de todos los ingresos que se producen en la Comunidad de Madrid, lo que supone un coste de unos 120 millones de €/año. El ozono troposférico se relaciona con 60 ingresos/año por todas las causas lo que supone unos 800.000€/año. El ruido se relaciona con cerca de 6.000 ingresos/año, es decir, el 1,6% de los ingresos anuales que se producen en la Comunidad de Madrid y



El aumento de 1dB en los niveles del ruido del tráfico influye en la mortalidad en mayores de 65 años





suponen un coste de 83 millones de €/año. Por tanto, la contaminación atmosférica tanto química como acústica suponen más de 14.000 ingresos al año lo que implica que más del 4% de los ingresos urgentes que se producen en Madrid con un coste superior a 200 millones de €/año.

### Un problema de Salud Pública

El impacto sobre la salud de los ciudadanos que tiene la contaminación atmosférica va mucho más allá de las cifras de mortalidad prematura con las que, de forma generalizada, aparece en los medios de comunicación. Si bien, la mortalidad es el impacto más grave de la contaminación, también es al que menos proporción de la población afecta. Enfermedades como cáncer, patologías cardiovasculares, respiratorias, endocrinas, de salud mental, neurodegenerativas, incidencia en variables adversas al nacimiento, etc., indican que el problema de la contaminación atmosférica es un problema de Salud Pública y como tal debe abordarse. La sociedad está demandando a las administraciones competentes la adopción de medidas que reduzcan su exposición a la contaminación atmosférica química. Pero estas actuaciones, basadas en la evidencia científica, deben ser estructurales y no coyunturales y que únicamente busquen el cumplimiento de las Directivas de la UE. Estas medidas deben pasar por limitar el acceso de

los vehículos al centro de las ciudades, con la instalación de aparcamientos disuasorios, fomentar el transporte público, en las ciudades donde exista, potenciar el metropolitano y racionalizar la utilización del transporte de mercancías con vehículos limpios. Deben abarcar toda la ciudad, no resolver problemas de forma puntual. No se puede olvidar que todas estas medidas se realizan en pro de la salud de los ciudadanos por tanto deben arbitrase Planes de Vigilancia en Salud Pública que monitoricen la incidencia que la contaminación tiene en los diversos indicadores de salud como ingresos hospitalarios, visitas de atención primaria, consumo de medicamentos y, por supuesto, la mortalidad diaria.

**En el año 2010 se produjeron en el mundo 223 000 muertes por cáncer de pulmón atribuibles a la contaminación**

Si bien el problema de la contaminación química y acústica es un problema grave, también es cierto que la adopción de medidas dirigidas a bajar los niveles de contaminación rápidamente tiene un beneficio inmediato en la

salud de los ciudadanos y así lo muestran las experiencias exitosas que se han descrito de las actuaciones llevadas a cabo en Roma, Estocolmo, Los Ángeles o Pekín. La concienciación de la ciudadanía, la educación ambiental y la puesta en marcha de algunas medidas concretas en ciu-

dades españolas con una importante aceptación entre la ciudadanía nos hace ser optimistas de cara a la incidencia que la contaminación atmosférica pueda tener en la salud de los ciudadanos.



### Referencias

1. Querol, X., Viana, M., Moreno, T., Alastuey, A., 2012. Bases científico-técnicas para un plan nacional de mejora de la calidad del aire. Informes CSIC.
2. Navares R, Aznarte JL, Linares C, **Díaz J.** *Direct assessment of health impact from traffic intensity.* <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109254> Environmental Research.184 C (2020) 109254.
3. BOE, 2007. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-19744>.
4. WHO, 2018. <http://www.who.int/es/news-room/detail/02-05-2018-9-out-of-10-people>
5. Cohen AJ, Brauer M, Burnett R, Anderson HR, Frostad J, Estep K, et al. Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. Lancet. 2017 May 13; 389(10082):1907-1918.
6. European Environment Agency. (2021). Air quality in Europe—2021 report [Publication]. <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2021/n-europe-2020-report>.
7. Ortiz C, Linares C, Carmona R, Díaz J. Evaluation of short-term mortality attributable to particulate matter pollution in Spain. Environmental Pollution.2017; 224: 541-551.
8. Díaz J, Linares C, Carmona R, Russo A, Ortiz C, Salvador P, Trigo RM. Saharan dust intrusions in Spain: health impacts and associated synoptic conditions. Environmental Research.2017;156:455-467. doi: 10.1016/j.envres.2017.03.047.
9. Linares C, Carmona R, Salvador P, Díaz J. Impact on mortality of biomass combustion from wildfires in Spain: a regional analysis. Science of the Total Environment 2018; 622-623:547-555. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.11.321.
10. Linares C, Falcón I, Ortiz C, Díaz J. An approach estimating the short-term effect of NO<sub>2</sub> on daily mortality in Spanish cities. Environment International, 2018; 116:18-28.
11. Díaz J, Ortiz C, Falcón I, Linares C. Short-term effect of tropospheric ozone on daily mortality in Spain. Atmospheric Environment.2018; 187:107-116.
12. Ecologistas en Acción 2015. Informe de la calidad del aire en el Estado español durante 2014. [http://www.ecologistas-en-accion.es/IMG/pdf/informe\\_calidad\\_del\\_aire\\_2014.pdf](http://www.ecologistas-en-accion.es/IMG/pdf/informe_calidad_del_aire_2014.pdf).
13. Straif K, Cohen A, Samet, JM. IARC Scientific Publication 161. <http://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Scientific-Publications/Air-Pollution-And-Cancer-2013>.
14. Schmidt CW. Air Pollution and Breast Cancer in Post-

menopausal Women: Evidence across Cohorts. Environ Health Perspect; DOI: 10.1289/EHP3200.

15. Wong CM, Tsang H, Lai HK, Thomas GN, Lam KB, Chan KP et al. Cancer Mortality Risks from Long-term Exposure to Ambient Fine Particle. Cancer Epidemiol Biomarkers Prev. 2016 May;25(5):839-45.

16. Alderete TL, Chen Z, Toledo-Corral CM1, Contreras ZA, Kim JS et al. Ambient and Traffic-Related Air Pollution Exposures as Novel Risk Factors for Metabolic Dysfunction and Type 2 Diabetes. Curr Epidemiol Rep. 2018 Jun;5(2):79-91. doi: 10.1007/s40471-018-0140-5.

17. Vert C Sánchez-Benavides G, Martínez D, Gotsens X, Gramunt N, et al. Effect of long-term exposure to air pollution on anxiety and depression in adults: A cross-sectional study. Int J Hyg Environ Health. 2017 Aug;220(6):1074-1080. doi: 10.1016/j.ijheh.2017.06.009.

18. Hu CY, Fang Y, Li FL, Dong B, Hua XG, Jiang W, Zhang H, Lyu Y, Zhang XJ. Association between ambient air pollution and Parkinson's disease: Systematic review and meta-analysis. Environ Res. 2019 Jan;168:448-459.

19. Culqui DR, Linares C, Carmona R, Ortiz C, Díaz J. Short-term association between environmental factors and emergency hospital admissions due to Alzheimer's disease in Madrid. Science of the Total Environment 2017; 592: 451-457.

20. Costa, L. G., Cole, T. B., Dao, K., Chang, Y.-C., Coburn, J., & Garrick, J. M. (2020). Effects of air pollution on the nervous system and its possible role in neurodevelopmental and neurode-





generative disorders. *Pharmacology & Therapeutics*, 210, 107523.

21. Delgado-Saborit, J. M., Guercio, V., Gowers, A. M., Shaddick, G., Fox, N. C., & Love, S. (2021). A critical review of the epidemiological evidence of effects of air pollution on dementia, cognitive function and cognitive decline in adult population. *The Science of the Total Environment*, 757, 143734. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143734>

22. Weiss B, Landrigan PJ. The developing brain and the environment: An introduction. *Environ Health Perspect.* 2000;108(SUPPL. 3):373–4.

23. Bruckner J V. Differences in sensitivity of children and adults to chemical toxicity: the NAS panel report. *RegulToxicol-Pharmacol.* 2000; 31(3):280–5.

24. WHO, 2018. Contaminación atmosférica y salud infantil. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/275548/WHO-CED-PHE-18.01-spa.pdf?ua=1>.

25. Pedersen, M.; Giorgis-Allemand, L.; Bernard, C.; Aguilera, I.; Andersen, A.M.; Ballester, F.; Beelen, R.M.; Chatzi, L.; Cirach, M.; Danileviciute, A.; et al, Ambient air pollution and low birthweight: A European cohort study (ESCAPE). *Lancet Respir. Med.* 2013, 1, 695–704.

26. Sánchez Bayle M, Martín Martín R, Villalobos Pinto E. Impacto de la contaminación ambiental en los ingresos hospitalarios pediátricos: estudio ecológico. *RevPediatr Aten Primaria.* 2019;21.

27. Bont J, Casas M, Barrera-Gómez J, Cirach M, Rivas E, Valvi D et al. Ambient air pollution and overweight and obesity in school-aged children in Barcelona, Spain. *Environment International* 2019; 125:58-64. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.01.048>.

28. Porta D, Narduzzi S, Badaloni C, Bucci S, Cesaroni G, Colelli V, et al. Air pollution and cognitive development at age 7 in a prospective italian birth cohort. *Epidemiology.* 2016;27:228–36.

29. Sunyer J, Esnaola M, Alvarez-Pedrerol M, Forns J, Rivas I, López-Vicente M, et al. (2015) Association between Traffic-Related Air Pollution in Schools and Cognitive Development in Primary School Children: A Prospective Cohort Study. *PLoS Med* 12.

30. Olsen J. Prenatal Exposures and Long Term Health Effects. *Epidemiol Rev.* 2000; 22(1).

31. Lacasana M, Esplugues A, Ballester F. Exposure to ambient air pollution and prenatal and early childhood health effects. *Eur J Epidemiol.* 2005; 20(2):183–99.

32. Mannes T, Jalaludin B, Morgan G, Lincoln D, Sheppard V, Corbett S. Impact of ambient air pollution on birth weight in Sydney, Australia. *Occup Environ Med.* 2005;62(8):524–30.

33. Ritz B, Wilhelm M, Hoggatt K J GJK. Ambient air pollution and preterm birth in the environment and pregnancy outcomes study at the University of California, Los Angeles. *Am J Epidemiol.* 2007; 166(9):1045–52.

34. Fernández-Somoano A, Llop S, Aguilera I, Tamayo-Uria I, Martínez MD, Foraster M, Ballester F and Tardón A. Annoyance Caused by Noise and Air Pollution during Pregnancy: Associated Factors and Correlation with Outdoor NO2 and Benzene Estima-

tions. *Int J Environ Res PublicHealth.* 2015 Jun; 12(6): 7044–7058.

35. Morales E, Garcia-Esteban R, de la Cruz OA, Basterrechea M, Lertxundi A, de Dicastillo MD, Zabaleta C, Sunyer J. Intrauterine and early postnatal exposure to outdoor air pollution and lung function at preschool age. *Thorax.* 2015 Jan; 70(1):64–73.

36. Arroyo V, Díaz J, Ortíz C, Carmona R, Sáez M, Linares C. Short term effect of air pollution, noise and heat waves on pre-term births in Madrid (Spain). *Environmental Research* 2016a; 145:162-168.

37. Arroyo V, Díaz J, Carmona R, Ortiz C, Linares C. Impact of air pollution and temperature on adverse birth outcomes: Madrid 2001-2009. *Environmental Pollution.* 2016b. DOI: 10.106/j.envpol.2016.08.069.

38. Arroyo V, Díaz J, Salvador P, Linares C. Impact of Air Pollution on Low Birth Weight in Spain: A National Level Study. *Environmental Research.* 2019a ;171:69-79. [doi.org/10.1016/j.envres.2019.01.030](https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.01.030).

39. Arroyo V, Linares C, Díaz J. Premature Births in Spain: Measuring the impact of air pollution using time Series Analysis. *Science of the Total Environment.*2019b ;660:105-114. [doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.12.470](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.470).

40. Selemon LD. A role for synaptic plasticity in the adolescent development of executive function. *Transl Psychiatry* 2013; 3:e238.

41. Erskine HE, Moffit TE, Copeland WE, et al, A heavy burden on young minds: the global burden of mental and substance use disorders in children and youth. *PsycholMed* 2015; May; 45(7):1551-63.

42. Guxens M, Lubczyńska MJ, Muetzel RL, Dalmau-Bueno A, Jaddoe VWV, Hoek G, et al., Air Pollution Exposure During Fetal Life, Brain Morphology, and Cognitive Function in School-Age Children. *Biol Psychiatry.* 2018 Aug 15;84(4):295–303.

43. WHO, 2018. Environmental Noise Guidelines for the European Region. <http://www.euro.who.int/en/publications/abstracts/environmental-noise-guidelines-for-the-european-region-2018>.

44. Hänninen O, Knol AB, Jantunen M, Lim TA, et al. Environmental burden of disease in Europe: assessing nine risk factors in six countries. *Environ Health Perspect.* 2014 May;122(5):439-46. [doi: 10.1289/ehp.1206154](https://doi.org/10.1289/ehp.1206154).

45. Tobías A, Linares C, Díaz J. El ruido de tráfico, un importante problema de salud pública en las grandes ciudades: de la pérdida de audición a causa de riesgo de muerte. *Actuarios* 2013;33:29-30.

46. Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía (OSMAN). Ruido y Salud. Sevilla 2012.

47. World Health Organization. Burden of disease from environmental noise. Quantification of healthy life years lost in Europe. Ginebra: World Health Organization, 2011.

48. Paunovic K, Jakovljevic B, Belojevic G. Predictors of noise annoyance in noisy and quiet urban streets. *Sci. Total Environ.* 2009;407:3707–11.

49. Maschke C. Excretion of Cortisol under Nocturnal Noise and Differences due to Analytic Techniques. *Noise Health* 2003;5(17):47-52.

50. Spreng M. Possible health effects of noise induced cortisol increase. *Noise Health* 2000;2(7):59-64.

51. Tobías A, Díaz J, Saez M et ál. Use of Poisson regression and Box-Jenkins models to evaluate the short-term effects of environmental noise levels on daily emergency admissions in Madrid, Spain. *Eur. J. Epidemiol.* 2001;17:765–71.

52. Linares C, Culqui DR, Carmona R, Ortiz C, Díaz J. Short-term association between environmental factors and hospital admissions due to dementia in Madrid. *Environment Research.* 2017; 152: 214-220. [doi: 10.1016/j.envres.2016.10.020](https://doi.org/10.1016/j.envres.2016.10.020).

53. Linares C, Martínez-Martín P, Rodríguez-Blazquez C, MJ Forjaz, Quiroga B, , Ortiz C, Carmona R, Díaz J. Short-term association between road traffic noise and demand for health care generated by Parkinson’s disease in Madrid. *Gaceta Sanitaria.*2018; 32:553-558. [doi: 10.1016/j.envint.2016.01.017](https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.01.017)

54. Carmona R, Linares C, Recio A, Ortiz C, Díaz J. Daily hospital admissions by Multiple Sclerosis associate to chemical and acustic air pollution in Madrid 2001-2009. *Science of the Total Environment.* 2018; 612:111-118.

55. Recio A, Linares C, Banegas JR, Díaz J. Impact of road traffic noise on cause-specific mortality in Madrid (Spin). *Science of the Total Environment* 2017;590-591:171-173.

56. Tobías A, Díaz J, Saez M et ál. Use of Poisson regression and Box-Jenkins models to evaluate the short-term effects of environmental noise levels on daily emergency admissions in Madrid, Spain. *Eur. J. Epidemiol.* 2001;17:765–71.

57. Tobías A, Díaz J, Recio A, Linares C. Traffic Noise and Risk of Mortality from Diabetes. *Acta Diabetologica.* 2015a; 52: 187-188.

58. Tobías A, Recio A, Díaz J, Linares C. Health impact assessment of traffic noise. *EnvironmentalResearch*, 2015b;137:136-140.

59. Díaz J, Linares C. Traffic noise and adverse birth outcomes in Madrid: A time-series analysis. *Epidemiology.*2016; 27:e2-e3.

60. Ruiz R, Díaz J, López-Bueno JA, Asensio C, Saez M, Navas MA, Linares C. Short term effect of air pollution and noise on hospital admissions in Madrid: A economic estimation. *Science of the Total Environment.* 2023. In press.

